

오프셋 인쇄 잉크의 유화 속도에 영향을 미치는 인자에 관한 연구

김인겸, 김성빈, 김종래*

부경대학교 공과대학 화상정보공학부, *부산디자인고등학교
(2001년 1월 20일 접수, 2001년 2월 27일 최종 수정본 접수)

A Study on the Factors Determining the Emulsion Velocity of Off-Set Ink

*Yin-Kyoum Kim, Sung-Bin Kim, Jong-Rae Kim**

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University
*Pusan Design High School

(Received 20 January 2001, in final form 27 February 2001)

Abstract

Rheological properties of ink and Ink-Water balance are the important factors in lithographic printing. Laboratory test method which determines the emulsification rate of dampening solution and ink has been described. The emulsification theory and laboratory test method deduced from Surland and it has become a useful tool for the industry. The effects of pH value and surface tension of dampening solution on the emulsification rate has been tested by many researcher. In this paper we focused on the factors which influence in the emulsification such as pH and surface tension of dampening solution and emulsifying temperature.

To study on the factors determining the emulsion velocity, we have measured water pickup and calculated emulsion velocity constant 'k' and activation energy.

I. 서론

평판 오프셋 인쇄는 물과 기름의 반발 작용을 이용하여 동일 평면상에서 화선부와 비화선부를 구분하여 인쇄하는 방식이지만, 실제 인쇄기상에서는 인압 등으로 인하여 축임물(dampening water)과 잉크는 서로 분산되어 유화가 일어난다¹⁾. 유화 현상은 필연적인 것이고, 일정한 범위에서 균형이 이루어져야만 고품질 인쇄물을 얻을 수 있다²⁾.

이러한 관점에서 볼 때, 축임물을 사용하지 않는 무습수 인쇄 방식이 기존 방식의 단점을 보완하고 그 자리를 차지할 것으로 예상할 수도 있다³⁾. 그러나 무습수 인쇄는 축임물을 사용하지 않으므로 적정 온도 유지가 무엇보다도 중요하지만 장치비 부담 때문에 아직까지는 축임물을 이용한 오프셋 인쇄의 대안이 될 수 없는 실정이다.

인쇄물의 품질을 결정하는 인자는 매우 많고, 또 이러한 인자들은 서로 상호 작용을 하기 때문에 인쇄 적성 실험에 있어서 가장 좋은 실험 장치는 인쇄기일 것이다. 하지만 유화 실험을 인쇄기상에서 실행한다는 것은 경제적, 시간적으로 소모가 많기 때문에 비효율적이다. 그러므로 실험실에서 측정하여 실제 인쇄에 적용할 수 있는 유화 측정 방법에 관한 연구가 절실히 요구되고 있다. 이러한 연구는 1980년 Surland⁴⁾를 시작하여 현재까지 다수 있고⁵⁾, ASTM⁶⁾에는 그 방법이 규정되어 있으며, 잉크의 유화가 인쇄에 미치는 영향에 대한 연구는 MacPhee⁷⁾를 비롯하여 Pineaux⁸⁾⁹⁾ 등에 의하여 연구·보고 되어 있고, 또한 유화에 영향을 미치는 인자에 대한 연구¹⁰⁾¹¹⁾도 많은 진척이 있었다.

본 연구에서는 평판 인쇄에서 일반적으로 사용되는 프로세스 잉크를 대상으로 축임물의 IPA 함량, pH 변화, 온도가 유화에 미치는 영향에 대해서 검토하는 것을 연구 목적으로 하였다. 또 Surland에 의해 유화를 경향적으로 파악하던 것을 유화 속도 상수 k 를 이용하여, 유화량과 유화 속도를 정량적으로 검토하고, 또한 유화 속도로부터 유화 활성화 에너지를 계산하여 유화 현상의 온도 의존성을 검토하여 실제 인쇄시 및 잉크 제조시는 물론 축임물 조성에 있어 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

II. 실험

2-1. 시료

인쇄 현장에서 일반적으로 사용되는 프로세스 잉크 중 A社의 cyan 잉크를 사용하였고, 축임물의 IPA 함량과 pH는 실험실에서 증류한 증류수를 이용하여 각각 5단계로 제조하였다. pH 조절은 수산화나트륨($NaOH$)과, 인산액(H_3PO_4)을 첨가하였는데, pH 5와 6 용액은 증류수에 인산을 첨가하였고, pH 7, 8, 9 용액에는 수산화나트륨을 증류수에 첨가하여 축임물을 제조하였다. 이때 축임물의 pH 측정은 리트머스 시험지(Toyo test

paper, Toyo Roshi사)를 이용하였고, 순수 증류수의 pH는 6.4이었다.

Table 4. Selected factors and their levels

Factors	Levels
IPA/distilled water rate(wt%)	0%, 5%, 10%, 15%, 20%
pH distilled water	5, 6, 7, 8, 9
Temperature	17°C, 20°C, 25°C, 30°C

잉크의 물성 변화는 spreadometer(Toyo seki사)를 이용하여 항복치와 초기 직경 I 를 구하였다. 축임물의 표면 장력은 DuNouy 표면 장력 측정기(Yoshida사)를 이용하였고, 증류수 자체의 표면 장력은 73.0dyne/cm이었다.

2-2. 잉크 유화

잉크유화는 교반기 속도를 400rpm으로 잉크 25g과 축임물 약 30cc를 100cc 비이커에서 10분 동안 교반하여 유화시켰다. 이때 매 1분마다 적당량(약 0.2g)의 시료를 채취하여 질량을 측정하고, 이를 105°C 건조기에서 2시간 이상 충분히 건조시킨 후 다시 건조된 잉크 질량을 측정하여 식 (1)에 대입하여 유화율을 구하였다.

유화율을 유화된 잉크 중, 잉크만의 질량과 유화된 물의 질량비(water pickup ratio, W.P)로 정의하면 다음의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W.P = \frac{B}{A} \times 100(\%) \quad (1)$$

2-2. 유화 속도 상수(Emulsion Velocity)¹²⁾

잉크와 축임물의 유화는 서로 반응하여 새로운 물질이 생성되는 것이 아니라, 잉크와 분리되어 있는 축임물이 잉크 속으로 분산되어 들어가는 과정으로 유사 일차반응이라 가정하고, 다음의 Guggenheim식¹³⁾을 이용하여 유화 속도 상수를 구하였다.

$$k \times t + \log(\lambda' - \lambda) = constant \quad (2)$$

λ (%) : Water pickup at t

λ' (%) : Water pickup at $t + \Delta$ (constant increment)

t (min) : time

Δ 값은 반감기에 2~3배를 곱한 값으로, 반감기는 그 반응물의 농도가 초기 농도와 최종 농도간의 중간 값에 도달할 때까지 걸리는 시간으로 정의된다. 반감기는 항상 반응 속도 상수에 반비례하며 일반적으로는 반응물의 농도에 의존한다.

실험의 한 보기로 Fig. 1에는 17°C에서 IPA 20%와 잉크의 유화 반응 속도를 구한 것이다. Fig. 1에 시간 t 에 대한 $\log(\lambda' - \lambda)$ 그래프를 나타내었고, 이 직선의 기울기로부터 유화 속도 상수 k 값을 구하였다. 이 때, $\Delta = 0.3650$ 이고, $k = 1.9622 \text{sec}^{-1}$ 이었다.

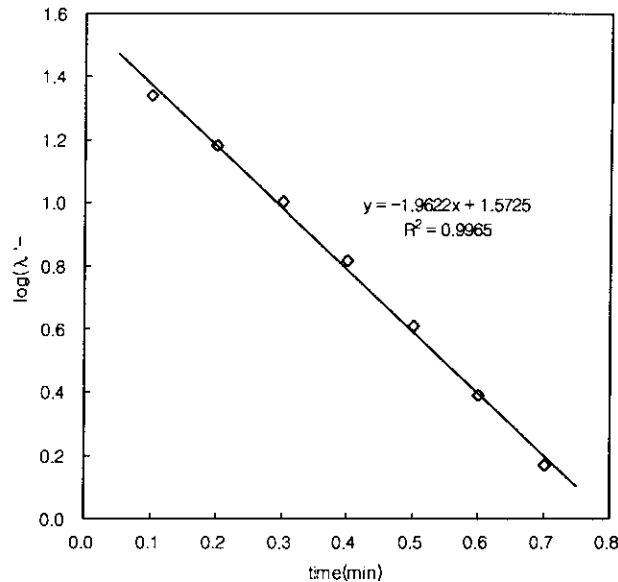


Fig.1. Plot of water pickup rate with IPA 20% solution at 17°C.

2-3. 활성화 에너지(Activation Energy)

Arrhenius는 속도 상수(k)가 절대온도(T)의 역수와 다음과 같은 관계를 갖는다고 주장하였다.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (3)$$

$\ln k$ 와 $1/T$ 의 그래프는 기울기가 $-E_a/R$ 인 직선이 된다. 여기에서 R 은 기체상수이다. 따라서 식(7)을 이용하여 Arrhenius plot 하면, 유화에 대한 활성화 에너지를 결정할 수 있다. 또한 이 활성화 에너지에 의하여 유화에 대한 온도 의존성을 규명할 수 있다.

III. 결과 및 고찰

3-1. 온도에 따른 잉크 유동성의 변화

잉크 유동성에 대한 온도의 영향을 spreadometer¹⁴⁾로 알아본 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

항복가는 잉크가 거동(behavior)을 시작하는 지점으로, 이 시작점이 온도가 상승할수록 작아진다는 것은, 온도가 상승할수록 잉크의 유동 시작이 빨라진다는 것을 알 수 있다. 이는 일반적인 고분자 유체의 흐름 성질과 같다¹⁵⁾.

I 는 잉크의 점도와 관련된 잉크의 초기 직경을 나타내는 것으로 온도가 상승할수록 커지는 경향을 보이고 있다. Spreadometer 측정에 있어 초기에 하중판의 stress에 대한 잉크의 저항성인 I 는 소성점도와 관계가 있는데 I 가 크게 나타날 경우, 레오로지에서 저항성이 작으면 변형이 크므로 소성점도는 작다는 것을 알 수 있다.

결국 Fig. 2에 의하면 온도가 상승할수록 잉크의 점도는 작아지고 유동 시작도 빨라진다는 것을 알 수 있다.

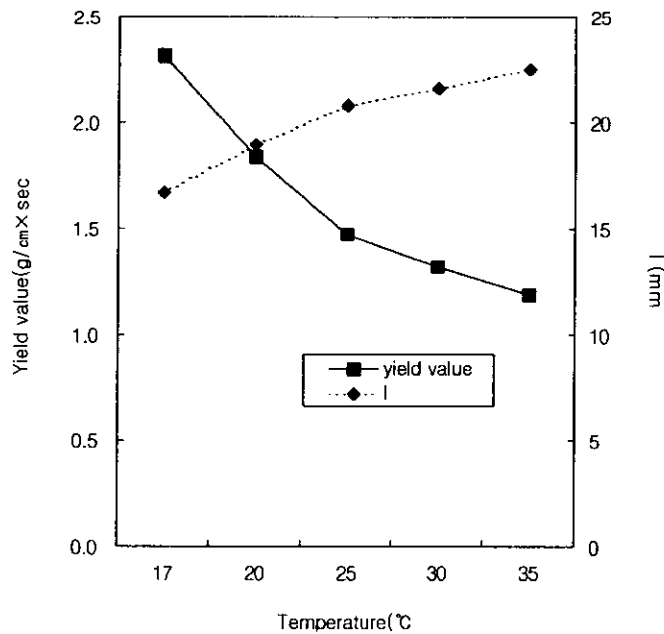


Fig.2. Yield value and I value of test ink according to temperature variation.

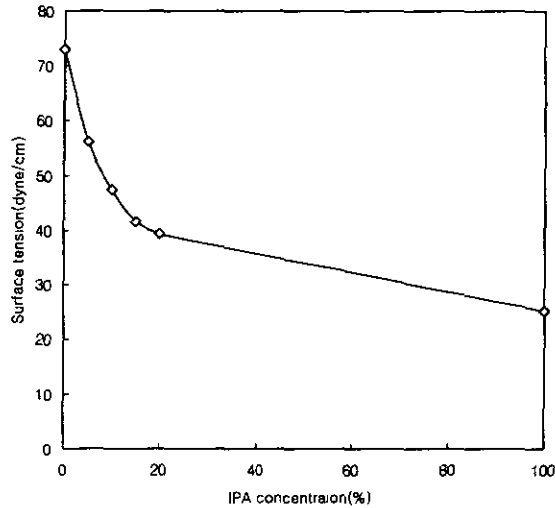


Fig.3. Surface tension of dampening water according to IPA concentration.

3-2. IPA 함량 변화

3-2-1. IPA 함량에 따른 축입물의 표면 장력 변화

IPA 함량에 따른 축입물의 표면 장력의 변화를 DuNouy 표면 장력 측정기로 측정한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. IPA 함량이 증가하면서 20%까지 급격한 변화를 보이다가 그 이상에서는 변화율이 작아지는 경향을 보이고 있다. 이로 보아 축입물의 IPA 함량 변화는 20% 내외에서 조절하는 것이 가장 효율적으로 생각되고, 또한 실제 인쇄시 IPA 함량이 25% 이상이 되면 축입물 속의 아라비아 고무액이 굳어져 물에 녹지 않아 판면에 묻지 않기 때문에 인쇄 불량 원인이 된다.

IPA 함량이 증가할수록 표면 장력이 낮아지는 것은 IPA 분자가 친수기인 $-OH$ 기를 가지고 있기 때문에 물에 잘 녹지만, 소수기인 비극성 부분을 함께 가지고 있기 때문에 축입물의 표면에서 배향(orientation)을 하게 된다. 이러한 현상을 흡착(adsorption)이라고 하는데, IPA 분자가 축입물의 표면에 흡착하기 때문에, 축입물의 표면은 축입물의 표면 장력이 아닌 탄화수소의 표면 장력에 접근하여 축입물의 표면 장력은 낮아지게 된다. 즉, IPA 함량이 증가한다는 것은 축입물의 표면에 탄화수소의 농도가 증가한다는 것이고, 때문에 축입물의 IPA 함량이 증가할수록 축입물의 표면 장력이 작아지게 된다¹⁶⁾.

3-2-2. IPA 함량에 따른 유화량의 변화

Fig. 4는 증류수의 시간에 따른 유화 곡선의 변화를 온도별로 나타내었다. 온도가 상승할수록 시간에 따른 유화 곡선의 평형이 되는 유화량이 증가하는 경향을 보이고 있다.

온도가 상승할수록 평형되는 유화량이 증가하는 것은 Fig. 2의 온도에 따른 잉크 유동성의 변화 그래프에 나타나듯이, 온도가 상승할수록 잉크 점도가 낮아지기 때문에 축임물이 잉크 속으로 분산되기 쉽기 때문인 것으로 사료되며, 온도가 상승하면 물의 표면장력이 감소하는 경향¹⁷⁾이 있으므로 이러한 원인도 작용한 것으로 사료된다. 또한 Shinoda¹⁸⁾에 의하면 온도가 상승할수록 W/O 형의 에멀션이 쉽게 발생한다는 보고가 있다.

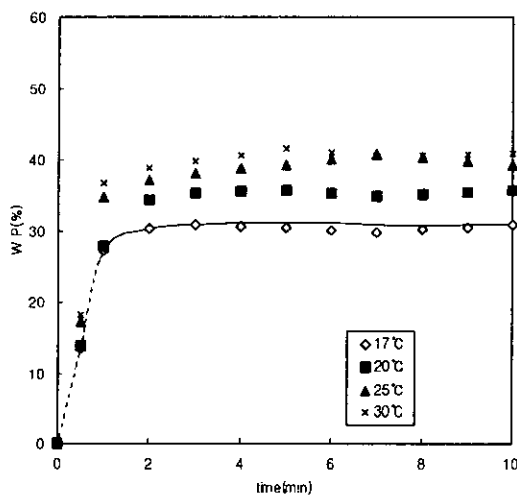


Fig.4. The effect of temperature on water pickup curves for pure water.

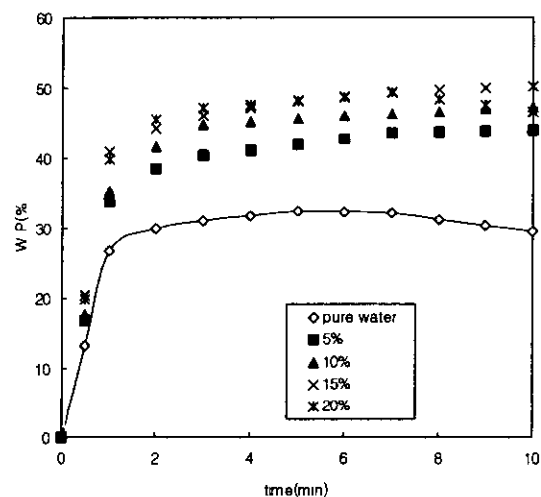


Fig.5. The effect of IPA concentration on water pickup curves at 20°C.

Fig. 5는 20°C에서의 시간에 따른 유화 곡선의 변화를 IPA 함량별로 나타내었다. IPA 함량이 증가할수록 유화 곡선이 평형이 되는 유화량이 증가하는 경향을 보이고 있다.

이는 Fig. 3의 IPA 함량에 따른 축임물의 표면 장력 변화에서 알 수 있었듯이, IPA 함량이 증가할수록 축임물과 잉크와의 계면 장력이 낮아져서 잉크 속으로 축임물이 쉽게 분산되어 들어갈 수 있기 때문인 것으로 사료된다.

3-3. pH 변화

3-3-1. pH에 따른 축임물의 표면 장력 변화

축임물의 pH를 조절하기 위해 pH 조절액을 첨가한 용액과 순수 증류수의 pH 변화에 따른 표면 장력의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. pH 조절액을 첨가한 용액은 조절액을 첨가하지 않은 순수 증류수보다 낮은 표면 장력을 나타내었고, 또 pH가 증가하면서 표면 장력이 증가하는 경향을 보이고 있다.

표면에서 단분자막의 상태는 액상의 성질 변화에 따라 큰 영향을 받는다. 즉, 표면 장력은 염의 존재에 민감하며 전하가 다른 두 이온을 혼합하면 계면의 성질이 달라지며 표면 장력이 낮아진다¹⁹⁾. 즉, pH 조절액의 첨가는 축입물의 pH를 변화시킬 뿐만 아니라 축입물의 표면 장력을 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

3-3-2. pH에 따른 유화량의 변화

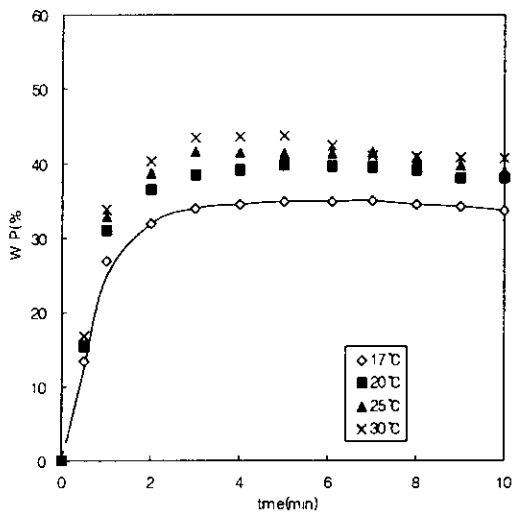


Fig.6. The effect of temperature on water pickup curves for pH 5 solution.

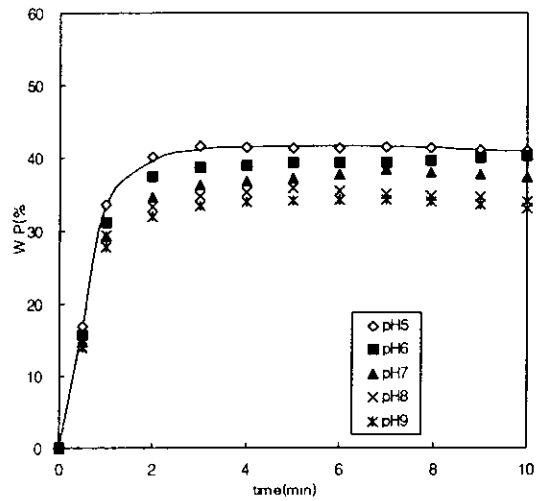


Fig.7. The effect of pH value on water pickup curves at 25°C.

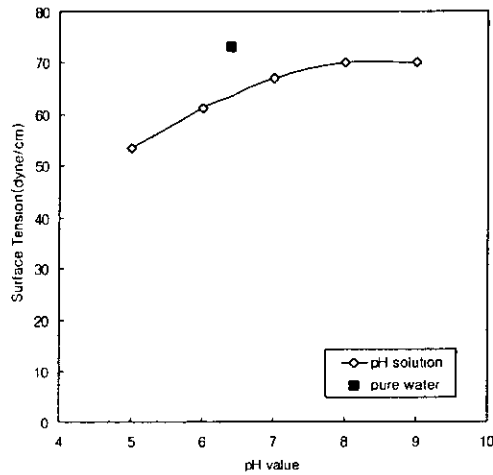


Fig.8. Surface tension according to pH.

Fig. 7에는 pH 5에서 시간에 따른 유화 곡선의 변화를 온도별로 나타내었다 온도 변화에 따른 유화 곡선의 평형되는 유화량이 변화하는 경향은 IPA에서의 경우와 같이 증가하는 경향을 보이지만 변화 폭은 IPA의 경우보다 작은 것으로 나타나고 있다. pH의 변화나 염보다 축임물의 표면 장력의 변화가 유화 곡선에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 25℃에서 시간에 따른 유화 곡선의 변화를 pH별로 나타내었다. 알칼리보다는 산성 쪽일 때 유화 곡선의 평형이 되는 유화량이 증가하는 경향을 보이고 있다.

이 결과는 pH가 알칼리 쪽으로 갈수록 유화량이 증가한다는 Surland²⁰⁾의 보고와 반대되는 결과이다. 하지만 Koniecki²¹⁾에 의하면 본 실험과 같은 경향을 보고 하였는데, 이는 유화량의 변화에 pH값 자체가 영향을 미치기도 하지만, Fig. 10의 pH 변화에 따른 축임물의 표면 장력 변화에서 나타나듯이 pH를 조절하기 위해 첨가된 용액이 축임물의 표면 장력의 저하 때문으로 생각된다. 또한, 첨가 용액 성분과 잉크 성분의 상호작용²²⁾에 의해 유화량이 증가한 것으로 사료된다.

3-4. 유화 속도 상수

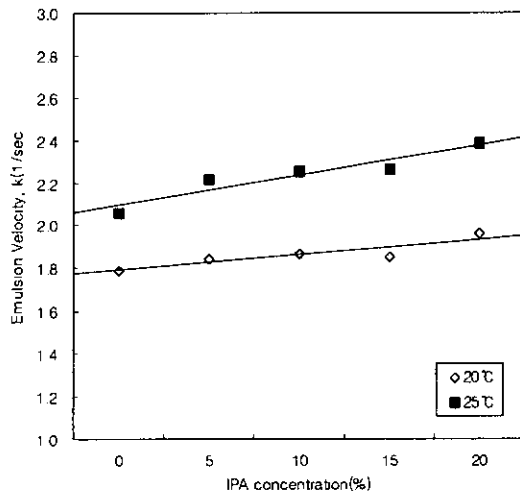


Fig.9. Emulsion velocity according to IPA.

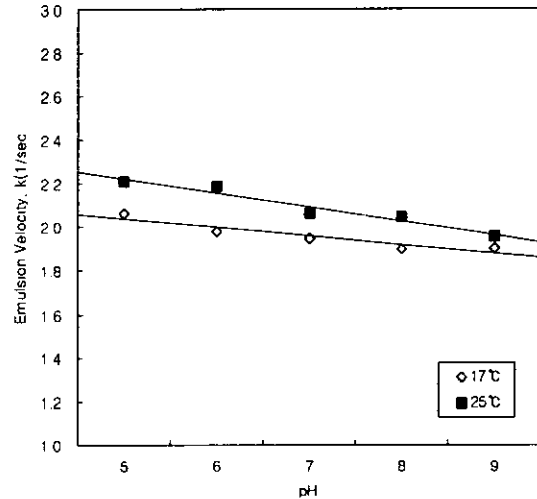


Fig.10. Emulsion velocity according to pH.

Fig. 9는 IPA 함량 변화에 따른 유화 속도 변화를 나타내었다. IPA 함량이 증가하면서 유화 속도가 상승하고, 20℃보다 25℃에서의 유화 속도 변화율이 큰 경향을 보이고 있다. IPA 함량에 따라 유화 속도가 커지는 것은 Fig. 4의 결과에서 보듯이 축임물과 잉크의

계면 장력이 작아져 축임물이 잉크 속으로 쉽게 분산되는 것으로 사료된다. 또 17℃에서 보다 25℃에서 유화 속도 변화율이 커지는 것은 잉크의 점도가 낮아졌기 때문인 것으로 사료되며, 또한 온도가 상승할수록 축임물의 표면장력이 낮아지므로 결국 잉크와 축임물의 계면장력도 낮아지므로 속도가 빨라지는 것으로 사료된다.

즉, IPA 함량의 변화에 의한 축임물의 표면 장력 변화와 온도에 의한 잉크의 유동성의 변화는 전체적인 유화량을 증가시킬 뿐만 아니라, 유화 속도에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 pH 변화에 따른 유화 속도 상수의 변화를 나타내었다. 산성에서 알칼리로 갈수록 유화 속도가 감소되는 경향을 보이고, 17℃보다 25℃에서의 유화 속도 변화율이 큰 경향을 보이고 있다.

산성에서의 속도가 빠르고, 알칼리에서 속도가 늦은 것은 pH에 의한 영향이 아닌 Fig. 9에서 보듯이 pH 조절액에 의한 표면 장력의 저하와, 첨가제와 잉크 성분과의 상호작용에 의한 것으로 사료된다. 또 17℃에서 보다 25℃에서 유화 속도 변화율이 큰 것은 IPA에서와 같이 잉크의 점도가 낮아졌기 때문인 것으로 사료된다.

3-5. 활성화 에너지

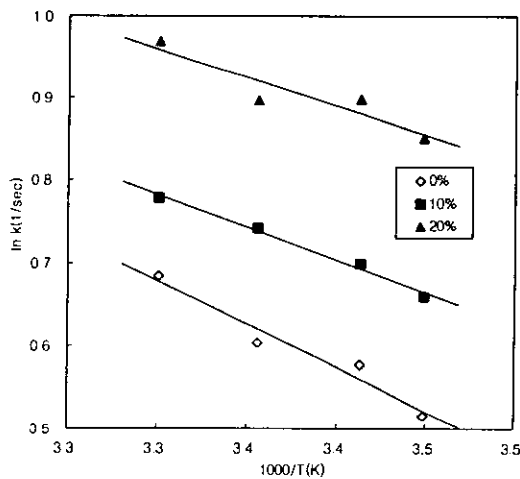


Fig.11. Influence of IPA concentration on activation energy.

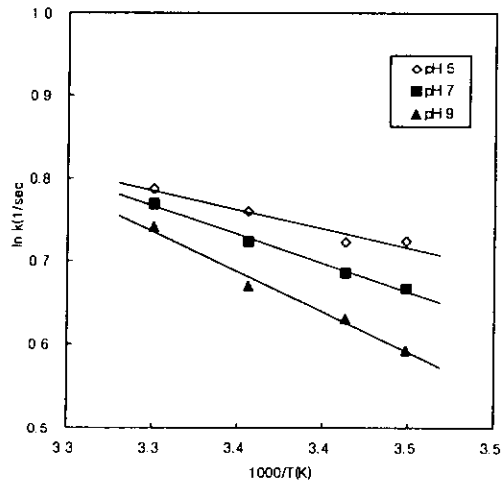


Fig.12. Influence of pH value on activation energy.

Fig. 11은 IPA 함량 따른 유화 속도 상수로부터 Arrhenius plot를 나타내었다. 온도가 상승할수록 유화 속도가 증가하는 것으로 보아 이는 온도가 상승할수록 유화 속도가 작

아지는 것은 잉크 점도가 낮아지기 때문에 축임물이 쉽게 잉크 속으로 분산되는 것으로 생각된다.

또한 IPA 함량이 증가할수록 유화 속도 변화율이 작아지는 경향을 나타내고 있는데, 이는 IPA 함량이 증가할수록 유화 속도는 빨라지지만, 유화의 온도 의존성은 작아진다는 것을 알 수 있다. 온도가 상승할수록 유화량이 증가하고 유화 속도가 빨라진다는 것은 Surland²³⁾와 같은 결과이다.

Fig. 12에는 pH 변화에 따른 유화 속도 상수로부터 Arrhenius plot를 나타내었다. 온도가 상승할수록 유화 속도 상수가 증가하고, 산성 쪽 일수록 유화 속도 상수의 변화율이 작아지는 것을 알 수 있다.

온도가 상승할수록 유화 속도가 증가하는 것은 IPA의 경우 같이 잉크 점도가 낮아지기 때문으로 생각된다.

또한 pH가 낮아질수록 유화 속도는 빨라지지만, 유화의 온도 의존성이 작아지는 것을 알 수 있다. 이는 앞서 살펴본 유화량의 증가와 같이 pH 조절액으로 인해 축임물의 표면 장력이 감소하고, 첨가 용액과 잉크 성분과의 상호작용 때문으로 사료된다.

Fig. 11로부터 Table 2의 활성화 에너지를 구하였다.

Table 5. Activation energy for IPA concentration

IPA(%)	Activation energy (kcal/mol)
0	8.67
10	6.61
20	5.85

IPA 함량이 증가할수록 활성화 에너지는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 IPA 함량이 증가할수록 축임물과 잉크와의 계면 장력이 낮아지므로 유화량이 증가하고, 쉽게 평형점에 도달한다는 것을 알 수 있다. 또 IPA 함량이 증가할수록 유화 속도의 온도 의존성이 작아진다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 19로부터 Table 4의 활성화 에너지를 구하였다. 산성일수록 유화량은 증가하고 속도 상수도 역시 증가한다. 이는 pH값에 의한 영향보다는 첨가제와 잉크와 상호관계 때문인 것으로 사료된다.

전체적으로 pH보다는 IPA의 활성화 에너지 값이 큰 것으로 보아 IPA 함량 변화가 온도에 더 의존적이라는 것을 알 수 있었다.

Table 6. Activation energy for pH variation

pH	Activation energy (kcal/mol)
5	3.84
7	5.75
9	8.05

IV. 결 론

IPA 함량, pH 변화, 온도 변화가 잉크의 유화에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. IPA 함량을 증가시키면 잉크와 축임물의 계면 장력이 낮아지므로 유화량은 증가하고, 유화 속도도 빨라지는 것을 알 수 있었다.
2. 축임물에 pH 조절제를 첨가함으로써 잉크 성분과 반응하여 유화량과 유화 속도를 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있었고, pH를 조절하기 위해 첨가하는 첨가제에 의해서도 축임물의 표면장력이 변화됨을 알 수 있었다.
3. 축임물에 있어 pH 조절제의 온도 의존성보다는 IPA 함량 변화가 온도 의존성이 크다는 것을 알 수 있었다.

평판 오프셋 인쇄에서 축임물 관리에 있어서 pH 및 IPA 관리는 물론, 인쇄실 온도 조절도 매우 중요한 것을 알 수 있었다.

본 실험에서 이용된 측정법은 잉크의 점도가 매우 낮을 경우 시료 채취의 어려움이 있고, 실험자의 숙련도가 요구되므로, 개선된 방법의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

부경대학교 중등교원협력연구에 의하여 이 논문의 일부가 완성되었으므로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- (1) R. H. Leach and R. J. Pierce., The Printing Ink Manual(5th), Blueprint, pp.342~344 (1993).

- (2) 동양잉크, 印刷物 品質向上을 위한 濕水管理 研究, 대한인쇄연구소, pp.20~24 (1998)
- (3) 이재우, 무습수 평판 오프셋 인쇄의 품질에 관한 연구, 부경대학교 (1998).
- (4) Aage Surland, "A Laboratory Test Method for Prediction of Lithography Ink Per
참고문헌ormance". *TAGA Proceedings*, pp.222~247 (1980).
- (5) P. R. Durand, Jr. and O. Wasilewski, "A New Technique for Measuring Water
Pickup of Lithographic Inks". *TAGA Proceedings*, pp.339~349 (1991).
- (6) American Society for Testing and Materials, Standard Test Methods for Water
Pickup of Lithographic Printing Inks and Vehicles in a Laboratory Mixer,
D4942-89 (1996).
- (7) John MacPhee, "Some Insight into the Relevance of Off-press Measurements of
Fountain Solution Takeup by Ink", *TAGA Proceedings*, pp577~589 (1997).
- (8) R. W. Basemir, D. J. Burger, J. S. Cichon, J. T. DiPiazza, B. G. Hahn, L. J.
Lepore, and R. T. Peters, "Effect of Ink Water Pick-up on Printability in a High
Speed Lithography Press", *TAGA Proceedings*, pp.226~250 (1990).
- (9) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, and Michael Has, "The Effect of Water
Hardness of Dampening Solutions on Printing Quality in Offset Lithography"
TAGA Proceedings, pp.844~860 (1997).
- (10) 김성빈, "Rosin 變性 phenol樹脂의 分子量 變化에 따른 平版 印刷 잉크의 物性 變化
에 관한 研究", *한국인쇄학회지(1)*, pp145~157 (1994).
- (11) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, and Michael Has, "Further Investigation
into the Effect of Dampening Solution Hardness on Offset Lithography",
TAGA Proceedings, pp451~466 (1998).
- (12) 이익춘, 이분수, 김시준, 송호봉 공역, 화학반응 속도론 제3판, 탐구당, pp.15~156
(1991).
- (13) E. A. Guggenheim. *Phil, Mag.*, vol.2 p538 (1926).
- (14) 日本印刷學會編, 印刷工學便覽, 技報堂出版, pp.220~221 (1987).
- (15) J. D. Ferry, *Viscoelastic Properties of Polymers*, John Wiley & Sons, pp.264~290,
(1980).
- (16) 국윤환, 콜로이드와 界面活性劑, 大光書林, pp.37~40, (2000).
- (17) 동양잉크, 印刷物 品質向上을 위한 濕水管理 研究, 대한인쇄연구소, p.82 (1998).
- (18) K. shinoda and H. Sagitani, *J. Colloid Interfac. Sci.* 41, 359, (1978).
- (19) E. D. Goddard, R. B. Hannan, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 54, p561 (1977).
- (20) Aage Surland, "Factors Determining the Efficiency of Lithography Inks" *TAGA*

Proceedings, pp.191~236 (1983).

(21) J. Koniacki, R. Adkins, B. Blom and P. Concannon, "Ink/Paper/Fountain Solution Interaction", *TAGA Proceedings*, pp.259~275 (1983).

(22) 市川家康, 紙・インキ・印刷の科學, 印刷局朝陽會, pp.226~227 (1968).

(23) Aage Surland, "Factors Determining the efficiency of Lithographic Inks", *TAGA Proceedings*, pp.191~236 (1983).